

(11)特許出願公開番号

特開2003-14987

(P2003-14987A)

(43)公開日 平成15年1月15日(2003.1.15)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

FI

テーマト\* (参考)

G O 2 B 6/42

G O 2 B 6/42

2H037

5/00

5/00

**Z 2H042**

5/04

5/04

**F**

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-197125(P2001-197125)

(22)出題日 平成13年6月28日(2001.6.28)

(71)出題人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72)発明者 米田 竜司

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号

京セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 2H037 BA03 BA05 CA13 CA38 CA39

DA03 DA04 DA05 DA06 DA12

DA36

2H042 AA03 AA18 AA30 CA01 CA12

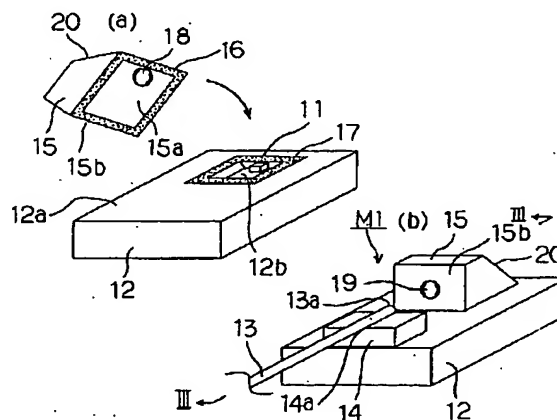
CA17

(54) 【発明の名称】 光路変換体及びその実装構造並びに光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 簡便な構造を備えた、光通信用の光路変換反射体及びその実装構造並びに光モジュールを提供すること。

【解決手段】 透光性を有し柱状を成す本体の側面に、本体の外側からの光を入射させる光入射面 15 a と、該光入射面 15 a から入射した光を本体の内側で反射させる傾斜面 20 と、該傾斜面 20 で反射した光を本体の外側へ出射させるための光出射面 15 b とを形成するとともに、光入射面 15 a 及び光出射面 15 b のそれぞれに集光用のレンズ部 18、19 を形成した光路変換体 15 とし、高低差のある低位置面 12 b 及び高位置面 12 a を形成した基板 12 の低位置面 12 b に、面発光素子 11 を配設し、高位置面 12 a に光路変換体 15 を配設する構造とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透光性を有し柱状を成す本体の側面に、前記本体の外側からの光を入射させる光入射面と、該光入射面から入射した光を前記本体の内側で反射させる傾斜面と、該傾斜面で反射した光を前記本体の外側へ出射させるための光出射面とを形成するとともに、前記光入射面及び前記光出射面のそれぞれに集光用のレンズ部を形成したことを特徴とする光路変換体。

【請求項2】 前記傾斜面と前記光入射面のなす角度、及び前記傾斜面と前記光出射面のなす角度が、それぞれ $45^\circ$ であるとともに、前記レンズ部は半球面状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光路変換体。

【請求項3】 前記本体の内側の屈折率を $n_1$ とし、前記本体の外側の屈折率を $n_2$ としたときに、 $n_2/n_1 < 0.71$ の関係を満足することを特徴とする請求項2に記載の光路変換体。

【請求項4】 高低差のある低位置面及び高位置面を形成した基板の低位置面に、面発光及び／又は受光を行わせる光半導体素子を配設するとともに、前記高位置面に前記光半導体素子に光接続させる請求項1に記載の光路変換体を配設したことを特徴とする光路変換体の実装構造。

【請求項5】 前記基板に前記低位置面を有する凹部を形成するとともに、該凹部内に前記光半導体素子を収容し、且つ前記凹部を前記光半導体素子に光接続させる請求項1に記載の光路変換体で気密に封止したことを特徴とする請求項4に記載の光路変換体の実装構造。

【請求項6】 請求項4に記載の光路変換体の実装構造を備えとともに、前記光路変換体の光入射面又は光出射面に、前記光半導体素子に光接続させる光ファイバの光出射端又は光入射端を対面させたことを特徴とする光モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信分野及び光情報処理分野等において使用される光路変換体及びその実装構造並びに光モジュールに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、光通信システムや光情報処理システムの実用化が進むにつれ、大容量の光信号を処理することができ、かつ高機能を有するシステムが要求されるようになってきている。これらシステムの実現には、光機能素子を集積した光集積回路が不可欠であり盛んに研究されている。

【0003】特に、光半導体素子と光ファイバを接続する技術に関し、従来、光半導体素子と光ファイバ間の光接続は光半導体素子を発光させる、若しくは素子導波路の一端に光を入射し、出射端に光ファイバを設置し、光ファイバ受光光量が最大になるように光ファイバ位置を

微妙に調整することにより、光ファイバと光半導体素子との光学的接続を行う、いわゆるアクティブアライメント方法が一般的であった。

【0004】このようにアクティブアライメント方法は、光半導体素子自身を発光させる、若しくは片端から光を入射させる必要が生じる。さらに、素子個々に対する光軸調芯には時間がかかり、コスト上昇につながる等の不便さがあった。

【0005】上記問題を解決するために、光半導体素子と光ファイバとの相対位置を機械的に精度よく配置し、光学接続を達成する技術（パッシブアライメント技術）が、近年盛んに研究されている。

【0006】パッシブアライメント技術は、光半導体素子及び光ファイバの位置が機械的な精度のみで決まるため、光半導体素子を発光させる、若しくは光を入射させる必要がない。このように、パッシブアライメント技術は、従来の電気素子マウント技術の延長線上にあるといえ、その量産効果は極めて絶大であり、光モジュールの低価格化には必須の技術となりつつある。また、パッシブアライメント技術は、このような表面実装型光伝送モジュールを実現させ、光モジュールの高速化、小型・低背化に必要な不可欠の技術となっている。

【0007】一方、近年、面発光レーザ（Vertical Cavity Surface Emitting Laser、以下略してVCSELと記す）の応用展開が盛んに議論されている。面発光レーザは、端面共振器型の従来のファブリペローレーザと比較し、動作電流が小さく、温度特性にも優れる等の特徴を有しているために、次世代の光通信光源として注目されている。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上のことから、前述のパッシブアライメント技術をVCSELに應用展開しようとする流れは至極自然である。

【0009】しかしながら、VCSELを表面実装した光モジュールを実現するためには、以下に示す2つの大きな課題を解決する必要があった。

【0010】第1の課題は、VCSEL実装面とVCSELの光出射方向が互いに垂直な関係にあることにより、VCSELと光ファイバを光学的に効率よく接続するには何らかの工夫が必要になることである。

【0011】VCSELを表面実装するので、その光出射方向は実装基板に対し法線方向となる。一般に、電流を供給する電極は実装基板表面に形成されるために、電極と実装基板上の電気接合部位を接合させると、実装基板表面に対し法線方向に光線が出射される。すなわち、光線進行方向と実装面が垂直の位置関係となる。従来型の端面発光レーザにおいてはこのような配慮は不要である。端面発光レーザでは、通常、共振器は実装面に平行に形成されるので、光出射の方向は共振器の方向（つまり実装面と平行）に出射する。このため、共振器の片

側端面に光ファイバを配置することにより、容易にレーザダイオードからの出射光を光ファイバに入射できる。

【0012】そこで、斜面形状に加工した光ファイバの先端面、或いは半透明反射面で、VCSELからの出射光を反射させて、光路変換を行う方法が提案されている（例えば、米国特許6081638号公報を参照）。

【0013】しかし、この方法では、光ファイバ端面を斜めに研磨すること、また、光ファイバの円筒対称性を無くすことにより、光ファイバ軸における回転方向の調整が必要になること等から、コストが増大するなどの問題がある。

【0014】また別の方法として、VCSELからの出射光を光ファイバに入射させるために、実装基板の表層に斜め反射面を設け、この反射面で光路を曲げ、予め所望の位置に配置された光ファイバへ光入射させる方法が提案されている（例えば、特表平11-502633号公報を参照）。しかし、この方法では以下の第2の課題を解決しなければならない。

【0015】第2の課題は、レーザダイオードの出射光が或る広がり角を持って空間を伝播していくという問題である。

【0016】これを解決する最も単純な方法は、レーザダイオードの光出射端と光ファイバの光入射端を近接させることである。端面発光型レーザを用いるならば、この方法を実施することは至極簡単である。

【0017】しかし、VCSELを用いる場合は、前記第1の課題で述べたように、光出射方向が実装面と垂直になるために、何らかの反射面で光路を変換する必要があるが必ずしも容易ではない。また、VCSELチップの外形寸法等による幾何的制限により、いくらかの光路長を確保しなければならない。このため、光ファイバに入射する出射光スポット径が大きくなり、その結果、光ファイバとの光学接続が効率的にできなくなる。

【0018】これら問題へのアプローチとして最も単純な方法は、チップキャリアと呼ばれる矩形体の一側面にVCSELを実装し、その後、チップキャリアの別の側面を実装面として、VCSEL出射面と光ファイバ入射端面が相対向して近接されるように、チップキャリアを実装基板上に実装するという方法である。

【0019】しかしこの方法では、VCSELをチップキャリア上に実装した後、チップキャリアを回転させた後、実装基板上に配置する必要があり、工程上不便である。また、現在、出射光の高速動作が要求されているので、チップキャリア自体の有するキャパシタンスが高速動作を阻害する要因ともなっており、チップキャリアを省くことが望ましい。

【0020】本発明は、上記の2つの大きな課題を同時に解決でき、しかもVCSELの表面実装を低背に実現するための簡便な構造を備えた、光通信用の光路変換体及びその実装構造並びにそれを用いた光モジュールを提

供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するために、本発明の光路変換体は、透光性を有し柱状を成す本体の側面に、前記本体の外側からの光を入射させる光入射面と、該光入射面から入射した光を前記本体の内側で反射させる傾斜面と、該傾斜面で反射した光を前記本体の外側へ出射させるための光出射面とを形成するとともに、前記光入射面及び前記光出射面のそれぞれに集光用のレンズ部を形成したことを特徴とする。

【0022】また特に、前記傾斜面と前記光入射面のなす角度、及び前記傾斜面と前記光出射面のなす角度が、それぞれ $45^\circ$ であるとともに、前記レンズ部は半球面状に形成されていることを特徴とする。

【0023】また特に、前記本体の内側の屈折率を $n_1$ とし、前記本体の外側の屈折率を $n_2$ としたときに、 $n_2/n_1 < 0.71$ の関係を満足することを特徴とする。

【0024】また、本発明の光路変換体の実装構造は、高低差のある低位置面及び高位置面を形成した基板の低位置面に、面発光及び／又は受光を行わせる光半導体素子を配設するとともに、前記高位置面に前記光半導体素子に光接続させる上記光路変換体を配設したことを特徴とする。

【0025】また特に、前記基板に前記低位置面を有する凹部を形成するとともに、該凹部内に前記光半導体素子を收容し、且つ前記凹部を前記光半導体素子に光接続させる上記光路変換体で気密に封止したことを特徴とする。

【0026】さらに、本発明の光モジュールは、上記光路変換体の実装構造を備えるとともに、前記光路変換体の光入射面又は光出射面に、前記光半導体素子に光接続させる光ファイバの光出射端又は光入射端を対面させたことを特徴とする。

【0027】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施形態について模式的に図示した図面に基づき詳細に説明する。

【0028】本発明に係る光通信用の光路変換体の斜視図を図1(a)、(b)に示す。光路変換体15は透光性を有し且つ柱状を成す本体の側面に、本体の外側からの光を入射させる光入射面15aと、この光入射面15aからの入射光を本体の内側で反射させるために、入射光軸に対して傾斜している傾斜面（反射面）20と、この光入射面15aに入射され傾斜面20の本体内部で反射した光を出射させるための光出射面15bとが形成されており、光入射面15a及び光出射面15bに、集光作用をなし平行光を得ることができるレンズ部18、19を形成したことを特徴とする。なお、図中16は金属で形成された接合部であり、光路変換体15を後記する素子実装用基板（以下、単に基板という）上に配設する

際に、この基板の主面と接合させるためのものである。

【0029】図2(a)に光路変換体15を素子実装用基板(以下、単に基板という)12に配設する様子を分解斜視図にて示し、図2(b)に光路変換体15の実装構造を斜視図にて示す。図2に示すように、高低差のあるを形成した基板12の低位置面12bに、活性層領域がGaAs系、AlGaAs系、InGaAs系、InGaAsP系等の材料で構成されたVCSEL等の光半導体素子である面発光素子11(及び/又はフォトダイオード等の光半導体素子である面受光素子)を配設するとともに、高位置面12aに光路変換体15を配設している。そして、特に面発光素子11(及び/又は面受光素子)を光路変換体15で覆って気密に封止したことを特徴とする。

【0030】光モジュールM1は、光路変換体15の光出射面15bに光ファイバ13の光入射端13aを対面させたものである。なお、例えば図2(a)において、基板12に形成した凹部内の低位置面12bに面受光素子を設け、図2(b)において、例えば15bを光入射面とし、光ファイバ13の端部13を光出射端として、光路変換体15の光入射面に光ファイバ13の光出射端を対面させて光モジュールを構成してもよい。また、高低差のある低位置面12b及び高位置面12aは段差でもよく凹部を基板12に形成しなくともよい。

【0031】次に、図3に模式的に示す図2(b)のII-III線断面図に基づいて、例えばVCSELである面発光素子11と光ファイバ13間の光学的接続方法について説明する。光路変換体15において、傾斜面20と光入射面15aのなす角度 $\theta_1$ 、及び傾斜面20と光出射面15bのなす角度 $\theta_2$ がそれぞれ $45^\circ$ であり、レンズ部18、19は集光作用を行い平行光を得ることが可能な半球面状に形成されている。

【0032】面発光素子11からの出射光は、光路変換体15内へ入射され、傾斜面20で直角に光路変換され、光路変換体15を透過した後、光ファイバ13に入射される。面発光素子11からの出射光は、半導体レーザー特有のある広がり角をもって球面波的に媒質中を伝播する。半球面状のレンズ部18(以下、入射レンズともいう)、光路変換体15の屈折率 $n_1$ 、外部媒質の屈折率 $n_2$ 、並びに入射レンズ18の半球面半径 $r_1$ で定まる焦点位置に面発光素子の出射端面を配置することで、面発光素子11からの出射光を平行光に変換できる。平行光に変換された伝播光は、同様の原理でレンズ部19(以下、出射レンズともいう)の焦点位置に、光ファイバ13の入射端面13aを配置することで、効果的に面発光素子11からの出射光を光ファイバ13に入射させることが可能となる。

【0033】次に、図4に示す断面模式図に基づき入射レンズ18について詳細に説明する。図4において、点Cは半球レンズの中心、 $r$ は半球レンズの半径、点Fは焦

点位置を、Aは半球レンズの球面と直線CFとの交点(以下、頂点)を表す。半球内部の屈折率を $n_1$ 、半球外部の屈折率を $n_2$ とすると、焦点距離AFは $n_2 / (n_1 - n_2) \times r$ の関係式で与えられる。例えば、 $n_1 = 1.5$ 、 $n_2 = 1.0$ とし、 $r = 100 \mu\text{m}$ とすると、 $AF = 200 \mu\text{m}$ となり、半球面レンズ頂点Aから $200 \mu\text{m}$ 離れた位置に面発光素子の出射点を配置すると、出射光は平行光に変換される。出射レンズ19についても同様に説明できる。

【0034】また、上記光学系において、倍率 $m$ は入射レンズ焦点距離 $f_1$ 、出射レンズ焦点距離 $f_2$ としたとき、 $m = f_2 / f_1$ で与えられる。 $f_1$ 、 $f_2$ は、光路変換体15及び周囲媒質の屈折率がきまれば、入射レンズ18の半径 $r_1$ 、出射レンズ19の半径 $r_2$ で決定されるから、 $r_1$ 、 $r_2$ を任意に調整する(例えば、 $r_1$ と $r_2$ を異ならせる)ことで、任意の倍率 $m$ が設定可能である。

【0035】すなわち、面発光素子11からの出射光のスポットサイズと光ファイバ13のスポットサイズが同一でないとしても、入射レンズ18及び出射レンズ19の半径を適当に設定することで、良好な光学的接続が実現できる。

【0036】次に、傾斜面20について詳細に説明する。傾斜面20にはAu、Al、またはAg等から成る高反射率の金属膜を施して反射体とすると、傾斜面20の傾斜角がいかなる場合でも光を効率良く反射させることができる。ただし、反射として全反射を利用する場合にはこのような金属膜の形成は不要である。

【0037】光は、屈折率の高い媒質から低い媒質へ或る入射角以上で入射すると、屈折率の低い側には伝播できず、媒質の境界面で完全反射される。屈折率 $n_1 = 1.5$ から $n_2 = 1.0$ へ入射した光の反射率の角度依存性を図5(a)に示す。この図から明らかなように、入射角が小さい時、光は偏光方向によって異なる反射率をもって反射するが、全反射角 $= 41.8^\circ$ 以上で両偏光光(S偏光、P偏光)とも100%反射される。すなわち、光路変換体15が $n_1 = 1.5$ であるならば、入射角 $45^\circ$ において伝播光は完全反射されるため、特に反射面20に反射膜等を施さなくても理想的な反射面となる。

【0038】反射面20の斜面角を $45^\circ$ ( $90^\circ$ の光路変換)としたときに全反射がおきる媒質の屈折率比 $n_2 / n_1$ を計算した結果を図5(b)に示す。この図より、傾斜面20を全反射面とするためには、 $n_2 / n_1 < 0.71$ の条件を満たせば良く、この範囲で適宜に、光路変換体15の材料選定が可能である。具体的には周囲媒質屈折率 $n_2 = 1.0$ としたとき、 $n_1 > 1.41$ の材料を光路変換体に用いればよく、一般的な光学ガラス材料、例えばクラウンガラス、硼珪クラウンガラス、重クラウンガラス、軽フリントガラス、重フリントガラ

ス、シリカガラス、サファイア、セレン化亜鉛等の材料が使用可能である。その他、透明樹脂なども使用可能である。

【0039】次に、光路変換体15の実装構造とそれを用いた光モジュールの実施形態について詳細に説明する。

【0040】図2において、面発光素子11を実装する基板12は、高低差のある低位置面12b及び高位置面12aが形成されており、低位置面を異方性エッチングで容易に作製可能な例えば単結晶シリコンを用いる。また、凹部内に形成された低位置面12bの周囲の高位置面12aに、薄膜パターンである接合用半田で接合部17が環状に形成されている。面発光素子11は、例えば基板12に形成されたアラインメントマーカ（不図示）等によって正確に位置決めされ、低位置面12bに設けられた接合用半田（不図示）によって実装固定される。

【0041】面発光素子11の実装後、光路変換体15が面発光素子11と同様に面発光素子11の上部に実装固定される。光路変換体15の基板12と相対向させる面（この実施形態では入射面15a）には予め接合用金属パターンで接合部16が形成されており、基板12側の接合部17との加熱圧着により接合される。このとき、面発光素子11の光出射点と入射レンズ18は同一光軸上に配置されるよう正確に位置決め実装されている。

【0042】面発光素子11及び光路変換体15を基板12上へ実装後、光ファイバ13を位置決めするための光ファイバ実装用基板14を基板12上へ配置し、次いで、光ファイバ13を光ファイバ実装用基板14上へ配置する。このとき、光ファイバ13の光軸と出射レンズ19の光軸が一致するように正確に位置決めされる。

【0043】接合部17は、下地金属として、たとえば、上層／下層でAu／CrあるいはAu／Pt／Ti等の積層体で形成し、この積層体上に金錫、鉛錫等の半田材料を配設して構成されている。なお、このような下地金属の下部には例えばSiO<sub>2</sub>膜等の絶縁膜が形成されている。面発光素子11への電力供給線路（不図示）は、前記絶縁膜を最下層に設け、最下層の絶縁膜上に面発光素子11への電力供給配線を形成し、その上にSiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の絶縁膜を形成した後、前記下地金属を形成する構造が望ましい。このような構造を採用することにより、光路変換体15を面発光素子11上部に配置させ、面発光素子11の周りに完全な気密封止構造と絶縁構造を形成させることが可能となる。

【0044】次に、アレイ化した面発光素子11や面発光素子等の光半導体素子アレイを設け、光路変換体15の側面に光半導体素子のアレイ化に対応したレンズ部をアレイ状に設け、このアレイ状のレンズ部に光接続する複数の光ファイバを並設した光モジュールについて説明

する。

【0045】図6に斜視図にて示す光モジュールM2は、基板12上に、3本の光ファイバ13A、13B、13Cを横並びに並設した光ファイバ実装用基板14と、出射レンズ19A、19B、19C、及びこれら出射レンズに対応してアレイ状に配設された入射レンズを設けた光路変換体15と、出射レンズに対応した出射部を有する面発光素子アレイとを備えて成る。

【0046】ここで、光路変換体15の傾斜面20は光モジュールM1と同様に45°の角度で形成されている。また、図示されていない面発光素子アレイは、図2(b)と同様にして光路変換体15の下部に配置されている。面発光素子アレイの列方向は光ファイバ光軸に対し垂直な方向である。光路変換体15における、入射レンズ及び出射レンズの半径は、たかだか100μm程度で良いため、例えば300μm間隔の高密度の面発光素子アレイチップに対しても十分に対応できる。

【0047】本発明の光路変換体15は2次元VCSELアレイに対しても有効である。図7及び図8に模式的に図示した光モジュールM3は、3×2の面発光素子2次元アレイについての適用例を示したものである。

【0048】光モジュールM3は、光モジュールM1と同様に基板12に形成された凹部内の低位置面に、3×2の行列に配置された発光部11A、11B、11C、11D、11E、11Fを備えた面発光素子アレイ21を配設したものであり、この面発光素子アレイの発光部に対応して入射レンズと出射レンズ（19A～19F）を備え、光モジュールM1と同様に形成された傾斜面20を備えた光路変換体15で覆って構成されている。さらに、光路変換体15の出射レンズに対応して光ファイバが3列2段に設けられている。すなわち、光ファイバ搭載用のV溝が3列に形成された下部光ファイバ実装用基板14Aに、光ファイバ13A、13B、13Cが配設され、上下両主面のそれぞれに光ファイバ搭載用のV溝が3列に形成された上部光ファイバ実装用基板14Bが載置され、さらに、光ファイバ13D、13E、13Fが上部光ファイバ実装用基板14Bの上主面に形成されたV溝に配設されている。

【0049】このような構成により、図8に示すように、例えば、面発光素子アレイ21の発光部11Bから出射された光は、入射レンズ18Bで平行光にされ、傾斜面20により直角に反射され、出射レンズ19Bで集光され、出射レンズの焦点位置に配設された光ファイバ13Bの先端部へ入射される。同様にして、面発光素子アレイ21の発光部11Eからの出射光は入射レンズ18E、傾斜面20、出射レンズ19Eを経て、光ファイバ13Eの先端部へ入射される。

【0050】かくして、光ファイバの光軸方向に並んだ面発光素子アレイからの出射光線列は、それぞれ反射面で90°光路変換され、面発光素子の実装基板面に垂直

な方向の光線列となり、各光ファイバの先端部を各光線の焦点位置に配置することで、きわめて良好な光学的接続が可能となるとともに、面発光素子を光路変換体で覆うようにしたので低背化も実現される。

【0051】なお、本発明の光路変換体を用いた光モジュールは、VCSEL等の面発光素子を用いた光送信モジュールを想定したが、相反性より面発光素子を受光素子として用いて、光受信用モジュールに応用したり、面発光素子と受光素子とを設けて光受信用モジュールに適用できることは当然である。

【0052】また、上記光路変換体に設けた入射レンズ、出射レンズは例えば球面誘電体の界面における屈折を利用したものについて説明したが、その他、回折を利用したフレネルレンズや、ホログラムレンズのような平板レンズを用いてもよく、このような平板状のレンズを用いることで、よりいっそう小型化・低背化を期待できる。

【0053】

【実施例】以下に、本発明をより具体化した実施例について説明する。

【0054】図1において、光路変換体15として硼珪クラウンガラスを用い、モールド成形により形成した。接合部16は金属蒸着法を用いて作製した。傾斜面20は光路変換体15の接合面に対し45°の傾斜をもって形成され、入射レンズ18、出射レンズ19の半径はともに100 $\mu$ mとした。

【0055】図2に示す光モジュールM2において、基板12として単結晶シリコンを用い、VCSEL11を配設した低位置面12bは、フォトリソグラフィ技術並びにアルカリ水溶液を用いた異方性エッチング技術等を用いて正確に作製した。この低位置面12bの深さは約400 $\mu$ mとした。これは、入射レンズ18の焦点距離、並びにVCSEL11の素子厚みにより決定したからである（焦点距離及びVCSEL11の素子厚みを200 $\mu$ m程度とした）。また、低位置面12bの幅は、光路変換体15のサイズにより決まるが、光路変換体15の接合面を1mm $\times$ 1mmとしたので、これより少し小さめのサイズとした。VCSEL11の実装基板である基板12上に、低位置面12bも含めて、最下層としてSiO<sub>2</sub>から成る絶縁膜を熱酸化法により形成した。

【0056】最下層のSiO<sub>2</sub>上に、VCSEL11へ電力を供給する電気配線を、フォトリソグラフィ法及び金属蒸着法等により形成し、その上に前記金属配線の電気接続部（電極パッド）を除き、上部絶縁層としてSiO<sub>2</sub>をスパッタ法で形成した。上部絶縁層上に接合用薄膜半田パターンから成る接合部17を設けた。半田薄膜材料として金錫を用いた、半田パターンの下地金属層としては上層/下層でAu/Pt/Tiの積層構造とした。本実施例の半田薄膜パターンは不図示としている

が、VCSEL11の実装部にも同時に設けた。

【0057】VCSEL11、光路変換体15、及び光ファイバ13の実装工程について以下に説明する。

【0058】最初に、VCSEL11を基板12上の低位置面12bに位置決めマーカ（不図示）を用いて正確に配置され、不図示の薄膜半田を用いてVCSEL11を実装した。その後、基板12と光路変換体15を、位置決めマーカ（不図示）を用いて位置合わせした後、基板12側の接合部17及び光路変換体15側の接合部16を圧着加熱することにより、基板12上に光路変換体15を実装した。

【0059】光路変換体15の実装は窒素などの不活性気体雰囲気中で行い、基板12に形成した凹部の周囲に設けた接合用半田から成る接合部17を用いて、VCSEL11を光路変換体15でもって気密封止した。

【0060】次に、光ファイバ実装用基板14を正確に基板12上へ実装し、最後に光ファイバ13を光ファイバ実装用基板14上に設けられたV溝14aへ配置固定することで、本発明の光路変換体15を備えた光モジュールM1を完成させた。

【0061】かくして、本実施例により、面発光素子の実装面に対し垂直方向に出射した光の光路を容易に90°変換することができ、効率よく且つ効果的に光ファイバに光入射させることができた。さらに、面発光素子を容易にかつ簡便に気密封止し、低背化を実現した光モジュールとすることができた。

【0062】

【発明の効果】本発明の光路変換体によれば、透光性を有し柱状を成す本体の側面に、本体の外側からの光を入射させる光入射面と、該光入射面から入射した光を本体の内側で反射させる傾斜面と、該傾斜面で反射した光を本体の外側へ出射させるための光出射面とを形成するとともに、光入射面及び光出射面のそれぞれに集光用のレンズ部を形成したので、簡単な構成で光半導体素子と光ファイバとの光結合が効率良く実現される。

【0063】特に、光路変換体の傾斜面と光入射面のなす角度、及び傾斜面と光出射面のなす角度が、それぞれ45°であるとともに、レンズ部が半球面状に形成されていることにより、例えば面発光素子の実装面に対し垂直方向に出射した光の光路を容易に90°変換することができ、低背化を維持した状態で効率よく効果的に光ファイバに光入射させることが可能な実装構造及び光モジュールが提供できる。

【0064】また、光路変換体の屈折率をn1とし、本体の外側周囲の屈折率をn2としたときに、n2/n1<0.71の関係を満足させることにより、界面で全反射が生じるので傾斜面に金属膜等の光反射膜を形成する必要がなく、しかも効率的な光反射が実現される。

【0065】また、光入射面に形成された半球面は、前記光出射面に形成された半球面と半径を異ならせること

により、光学系の倍率調整を容易にすることができる。

【0066】また、高低差のある低位置面及び高位置面を形成した基板の低位置面に、光半導体素子を配設するとともに、高位置面に光路変換体を配設する実装構造により、低背化を実現させることができる。

【0067】さらに、光半導体素子を光路変換体で覆って気密に封止することで、これら素子の周囲を容易かつ簡便に気密封止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光路変換体の実施形態を模式的に説明する図であり、(a)は光路変換体を素子実装用基板上に配設する際の斜視図、(b)は光路変換体の下面(配設面)の様子を示す斜視図である。

【図2】本発明に係る光路変換体の実装構造を模式的に説明する図であり、(a)は光路変換体を素子実装用基板に配設する様子を示す分解斜視図であり、(b)は光路変換体の実装構造(光モジュール)を示す斜視図である。

【図3】光路変換体を介して光ファイバと光半導体素子との光接続を模式的に説明する、図2(b)のIII-III線断面図である。

【図4】本発明の光路変換体に設けたレンズの球面における光学的位置関係を模式的に説明した断面図である。

【図5】本発明の光路変換体の実施形態を説明する線図であり、(a)は屈折率 $n_1=1.5$ の媒質から $n_2=1.0$ の媒質へ入射した光の入射角と反射率との関係を示す線図であり、(b)は傾斜面の斜面角を $45^\circ$ ( $90^\circ$ の光路変換)としたときの全反射が生じる媒質屈折率比 $n_2/n_1$ を計算した結果を示す図である。

【図6】本発明に係る光モジュールの他の実施形態を模式的に示す斜視図である。

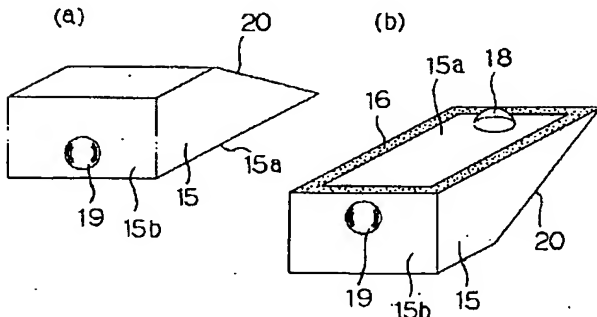
【図7】本発明に係る光モジュールのさらに他の実施形態を模式的に示す斜視図であり、(a)は素子実装用基板の一主面側の様子を示す斜視図、(b)は光モジュールの斜視図である。

【図8】図7におけるVIII-VIII線断面を模式的に示す図である。

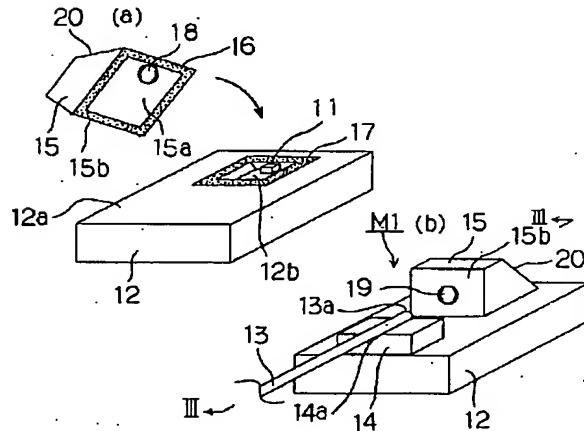
#### 【符号の説明】

- 11、11A、11B、11C、11D、11E、11F：面受光素子(VCSEL素子)
- 12：素子実装用基板(基板)
- 12a：高位置面
- 12b：低位置面
- 13、13A、13B、13C、13D、13E、13F：光ファイバ
- 14：光ファイバ実装用基板
- 15：光路変換体
- 15a：光入射面
- 15b：光出射面
- 16：光路変換体側の接合部
- 17：素子実装用基板側の接合部
- 18、18B、18E：入射レンズ(光入射面に設けたレンズ部)
- 19、19A、19B、19C、19D、19E、19F：出射レンズ(光出射面に設けたレンズ部)
- 20：傾斜面(光反射面)
- 21：面発光素子アレイ
- M1、M2、M3：光モジュール

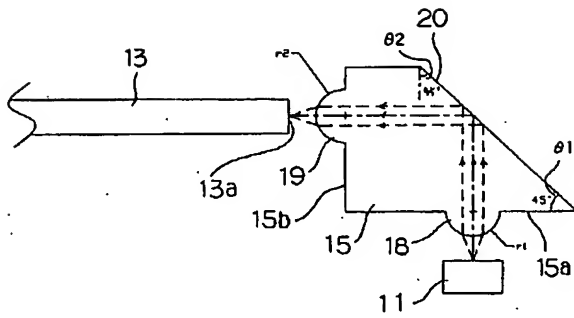
【図1】



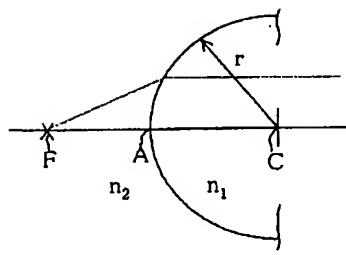
【図2】



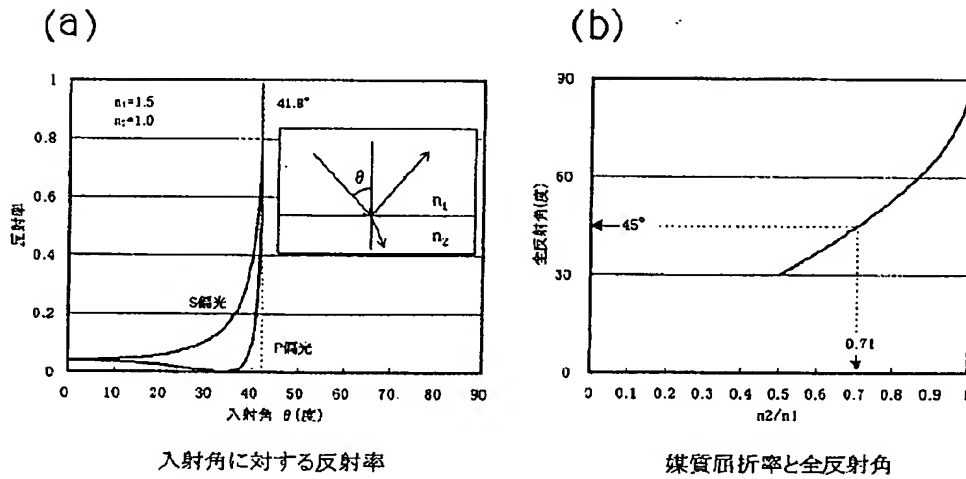
【図3】



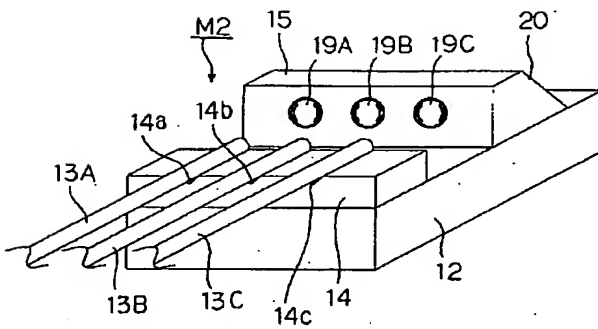
【図4】



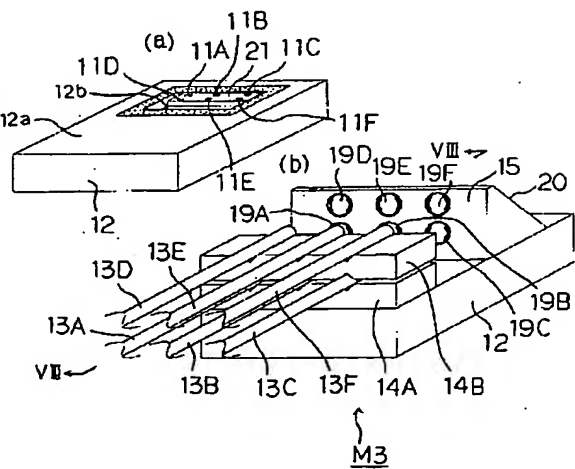
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

